



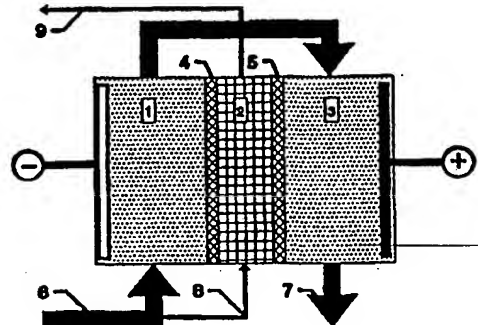
(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : B01D 61/48	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 95/32791 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 7. December 1995 (07.12.95)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE95/00696 (22) Internationales Anmeldedatum: 23. Mai 1995 (23.05.95) (30) Prioritätsdaten: P 44 18 812.9 30. Mai 1994 (30.05.94) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GMBH [DE/DE]; Wilhelm-Johnen-Strasse, D-52425 Jülich (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): NEUMEISTER, Herbert [DE/DE]; Kopernikusstrasse 10, D-52428 Jülich (DE). FÜRST, Leander [DE/DE]; Heinsberger Strasse 10, D-52428 Jülich (DE). FLUCHT, Reinhold [DE/DE]; Rochusstrasse 17, D-52428 Jülich (DE). (74) Gemeinsamer Vertreter: FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GMBH; Rechts- und Patentabteilung, D-52425 Jülich (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.	

(54) Title: SINGLE AND MULTIPLE ELECTROLYTIC CELLS AND ARRAYS OF SUCH CELLS FOR DEIONIZING AQUEOUS SOLUTIONS

(54) Bezeichnung: EINFACH- UND MEHRFACHELEKTROLYSEZELLEN SOWIE ANORDNUNGEN DAVON ZUR ENTIONISIERUNG VON WÄSSRIGEN MEDIEN

(57) Abstract

Described is an electrochemical cell for the deionization of aqueous solutions, the cell being equipped with an inlet and outlet for the solution to be deionized, plus supply and discharge pipes for the brine flow. The cell is also equipped with an ion exchanger and with electrodes linked on the inside to electrode spaces between which, separated by membranes, a brine space is located. The aim of the invention is to provide an electrochemical cell of this kind which can be controlled and regulated directly by means of the applied electric field and the applied electric current. To this end, the brine space is directly adjacent to the electrode spaces and the electrode spaces and the electrode spaces are filled with ion-exchange material, the cathode space containing an anion exchanger and the anode space containing a cation exchanger. In addition, the electrodes are in direct contact with the anion-exchange resin and cation-exchange resin beds. Multiple electrolytic cells consist of at least two cells of the type described which are disposed next to each other. Either the electrode spaces of the same type of electrode or the electrode spaces of different electrodes are located next to each other and have a common electrode, the electrode spaces being separated from each other by a bipolar membrane or a bipolar electrode.



(57) Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf Einfach- und Mehrfachelektrolysezellen sowie auf Anordnungen davon zur Entionisierung von wässrigen Lösungen. Dafür ist eine elektrochemische Zelle ausgestattet mit Zu- und Abläufen für die durch Ionenaustausch zu behandelnde Lösung sowie mit Solestromzuführung und -ableitung. Sie ist ferner ausgestattet mit Ionenaustauscher und mit Elektroden, an die sich nach innen die Elektrodenräume anschließen, zwischen denen sich, durch Membranen getrennt, ein Soleraum befindet. Ziel der Erfindung ist eine elektrochemische Zelle dieser Art, die durch das angelegte elektrische Feld und den angelegten elektrischen Strom direkt kontrolliert und geregelt werden kann. Hierzu grenzt der Soleraum unmittelbar an die Elektrodenräume an, und die Elektrodenräume sind mit Ionenaustauschermaterial gefüllt, wobei der Kathodenraum Anionenaustauscher und der Anodenraum Kationenaustauscher enthält. Weiterhin befinden sich die Elektroden in direktem Kontakt mit den Anionen- und Kationenaustauscherharzbetten. Mehrfachelektrolysezellen bestehen aus mindestens zwei Zellen der genannten Art, die nebeneinander derart angeordnet sind, daß entweder gleichen Elektroden zugeordnete Elektrodenräume nebeneinander liegen und eine gemeinsame Elektrode besitzen oder unterschiedlichen Elektroden zugeordnete Elektrodenräume nebeneinander liegen und diese durch eine bipolare Membran oder eine bipolare Elektrode voneinander getrennt sind.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

B e s c h r e i b u n g

Einfach- und Mehrfachelektrolysezellen sowie Anordnungen davon zur Entionisierung von wässrigen Medien

Die Erfindung bezieht sich auf eine elektrochemische Zelle gemäß den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1, auf Mehrfachelektrolysezellen sowie auf Anordnungen von Einfach- und Mehrfachelektrolysezellen.

5

Für die Entionisierung von wässrigen Lösungen, insbesondere bei der Herstellung von Reinstwasser, sind heute Elektrodialysezellen mit Mischbett-Technik in Gebrauch. Dabei ist eine Elektrodialyseeinheit gemäß der europäischen Patentanmeldung 0 170 895 so konzipiert, daß zwischen Kathode und Anode Kanäle ausgebildet sind, die voneinander durch kationen- und anionenpermeable Membranen getrennt sind. Die jeweils an den beiden seitlichen Enden der Zelle angeordneten Elektrodenräume sind als Soleräume ausgebildet, die einen Solestrom führen. Auf beide Solekanäle folgt zum Inneren der Zelle hin jeweils ein mit Ionenaustauscher gefüllter Raum, die ein Mischbett aus sowohl Anionen- als auch Kationenaustauscherharz enthalten. Beide Harzkanäle werden wiederum durch einen in der Mitte der Elektrodialyseeinheit angeordneten Solekanal voneinander getrennt (vgl. auch GIT Fachz. Lab. 3/94, S. 190-198). Eine solche Elektrodialysezelle läßt sich erweitern, indem zwischen den als Soleräumen ausgebildeten Elektrodenräumen weitere Harz- und Solekanäle in alternierender Folge zwischengeschaltet

10

15

20

25

werden.

Derartige mit Mischharzen gefüllte Elektrodialysezellen haben jedoch den Nachteil, daß eine elektrochemische
5 Regeneration des Ionenaustauscherbettes nur gewährleistet ist, wenn Wasser in Protonen und Hydroxylionen dissoziiert.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine elektrochemische
10 Zelle zu schaffen, die durch das angelegte elektrische Feld und den angelegten elektrischen Strom direkt kontrolliert und geregelt werden kann. Weiterhin ist es Aufgabe der Erfindung, Mehrfachelektrolysezellen sowie
15 Anordnungen von Einfach- und Mehrfachelektrolysezellen zu schaffen.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird dadurch
gelöst, daß die Elektrodenräume mit Ionenaustauscherma-
terial gefüllt sind, und zwar der Kathodenraum mit
20 Anionenaustauscher und der Anodenraum mit Kationenaus-
tauscher, und daß sich die Elektroden in direktem Kon-
takt mit den Anionen- bzw. Kationenaustauscherharz-
betten befinden, und daß weiterhin der Soleraum unmit-
telbar an die Elektrodenräume angrenzt. Dies hat zur
25 Folge, daß die zur Regeneration der Harzbetten nötigen
 H^+ - bzw. OH^- -Ionen direkt im Harzbett erzeugt werden
und dadurch den entsprechenden Ionenaustauscher regene-
rieren, was einen kontinuierlichen Betrieb der Zelle
ermöglicht und eine elektrochemische Regeneration der
30 Harzbetten vom Eingang bis Ausgang der Harzkammern be-
wirkt. Die Regeneration und der stationäre Beladungszu-
stand des Harzes kann bei der erfindungsgemäßen Zelle
durch Variation der angelegten Stromdichte kontrolliert
und geregelt werden. Weiterhin ist die erfindungsgemäße
35 Zelle durch den vereinfachten Zellaufbau mit nur weni-

gen Zellräumen und nur wenigen Membranen sehr bedienungs- und wartungsfreundlich.

5 Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Zelle besteht darin, daß durch die Entwicklung oxidativer Gase an den Anoden direkt im Hauptstrom des zu behandelnden Wassers eine mögliche Keimbildung im Harzbett und im Reinstwasser vermieden oder vermindert wird.

10 Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Zelle besteht darin, daß durch Umsetzung von gelöstem Sauerstoff an den Kathoden Anionenaustauscherharze, insbesondere solche mit quarternären Trimethylammoniumgruppen gegen oxidativen Abbau geschützt werden. Der entstehende Wasserstoff an den Kathoden verstärkt diese
15 Wirkung noch.

Die erfindungsgemäße elektrochemische Zelle kann weiterhin zu einer Mehrfachelektrolysezelle ausgebaut werden, indem mindestens zwei der Zellen derart nebeneinander angeordnet werden, daß gleichen Elektroden zugeordnete Elektrodenräume nebeneinander liegen und eine gemeinsame Elektrode besitzen oder daß unterschiedlichen Elektroden zugeordnete Elektrodenräume nebeneinander liegen und diese durch eine bipolare Membran oder
25 eine bipolare Elektrode voneinander getrennt sind. Derart aufgebaute Mehrfachelektrolysezellen sind insbesondere von Vorteil für eine effektive Nutzung der Elektroden. Es kann allein durch Hinzufügen einer Elektrode und zweier Ionenaustauschermembranen die Kapazität der
30 Zelle verdoppelt werden. Durch den Aufbau von Mehrfachelektrolysezellen wird ebenfalls die örtliche Stromdichte über die Kammerlänge konstanter gehalten. Weitere, vorteilhafte Ausgestaltungen sind Mehrfachelektrolysezellen, die aus einer beliebigen Kombination
35

von Zellen mit Elektrodenräumen, die eine gemeinsame Elektrode besitzen, und solchen, die durch eine bipolare Membran oder eine bipolare Elektrode voneinander getrennt sind, bestehen.

5

Weiterhin können die erfindungsgemäßen Einfach- oder Mehrfachelektrolysezellen in beliebiger Kombination in Serie hintereinandergeschaltet werden. Derartige Schaltungen haben die vorteilhafte Wirkung, daß in den verschiedenen Zellen unterschiedliche Stromdichten angelegt werden können, so daß beide Zellen jeweils unter der Grenzstromdichte betrieben werden können. Dadurch ist eine verbesserte Stromausbeute des Systems gegeben.

10

15

Ein weiterer Vorteil von in Serie geschalteten Mehrfachelektrolysezellen besteht darin, daß zwischen den Zellen ein solcher räumlicher Abstand aufgebaut werden kann, daß die Teilentionisierung in einer Zentralstation und die Vollentionisierung zu Reinstwasser nahe am Endverbraucher durchgeführt wird.

20

25

Wenn zudem die Solezuführung im Hinblick auf die miteinander kombinierten Elektrolysezellen im Gegenstrom zu der durch Ionenaustausch zu behandelnden Lösung erfolgt, führt dies außerdem zu der vorteilhaften Wirkung, daß durch Verminderung der Rückdiffusion in der zweiten Elektrolysezelle die Reinstwasserqualität verbessert wird.

30

Vorzugsweise wird desweiteren die Solezuführung vom Zulauf für die durch Ionenaustausch zu behandelnde Lösung abgezweigt. Dies hat den Vorteil, daß der Solestrom nach dem Durchströmen der Soleräume wieder der zu behandelnden Lösung in einer Vorbehandlungsstufe zugeführt werden kann und damit die Entstehung von Soleab-

35

wasser vermieden wird.

Zusätzlich werden die den Solestrom führenden Soleräume der erfindungsgemäßen Zellen mit netzartigem Spacer und/oder mit Ionenaustauscherharz(en) gefüllt, wobei das Ionenaustauscherharz sowohl Anionenaustauscher- als auch Kationenaustauscherharz oder auch eine Mischung von beiden sein kann. Durch die Harzfüllung wird die Ionenleitfähigkeit im Soleraum erhöht und dadurch die Gesamtzellspannung wesentlich vermindert. Nach Beendigung des Deionisationsprozesses kann der Solestrom dann in eine Vorbehandlungsstufe zurückgeführt werden, z.B. auf den Eingang einer vorgeschalteten Umkehrosmose, so daß letztendlich nur entionisiertes Medium entsteht und das Verhältnis von Reinstwasser zu Rohwasser verbessert wird.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Zellen ist, daß die Membranen, die die Soleräume von den Elektrodenräumen trennen, Anionenaustauscher- und Kationenaustauschermembrane sind.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen schematisch dargestellt und werden im folgenden näher erläutert:

Figur 1 zeigt eine einfache elektrochemische Zelle, bei der der Kathodenraum 1 mit Anionenaustauscher und der Anodenraum 3 mit Kationenaustauscher gefüllt ist. An Kathodenraum 1 und Anodenraum 3 grenzt unmittelbar der Soleraum 2 an, der von den beiden Elektrodenräumen durch die Anionenaustauschermembran 4 und die Kationenaustauschermembran 5 getrennt ist. Über den Zulauf 6 wird die zu behandelnde Lösung zunächst durch den Kathodenraum 1 über den dort enthaltenen Anionenaustau-

scher und anschließend durch den Anodenraum 3 über den dort enthaltenden Kationenaustauscher geleitet. Das entionisierte Medium wird schließlich über den Ablauf 7 abgeführt. Vom Zulauf 6 des Hauptstroms zweigt die Solerzuführung 8 ab, über die der Solestrom durch den Soleraum 2 geleitet wird. Dort nimmt der Solestrom die durch die Membranen 4 und 5 durchtretenden Anionen bzw. Kationen auf, die anschließend mit dem Solestrom über die Ableitung 9 abgeführt werden.

In Figur 2 sind 2 Zellen der in Figur 1 gezeigten Zelle so nebeneinander angeordnet, daß zwei Anodenräume nebeneinander liegen und eine gemeinsame Anode besitzen. Der dadurch entstandene Anodenraum 3 wird von den beiden Kathodenräumen 1,1' durch die beiden Soleräume 2,2' getrennt, wobei die Räume untereinander wiederum durch die Anionenaustauschermembranen 4, 4' und die Kationenaustauschermembranen 5, 5' abgegrenzt werden. Weiterhin ist beispielhaft skizziert, wie Haupt- und Solestrom durch eine solche Mehrfachelektrolysezelle geleitet werden können: Im dargestellten Fall wird über den Zulauf 6 die zu behandelnde Lösung im Gleichstrom zunächst durch beide Kathodenräume 1, 1' geleitet. Beide Teilströme werden anschließend wieder zu einem Hauptstrom zusammengeführt, der im Anodenraum 3 weiter deionisiert und schließlich über den Ablauf 7 abgeleitet wird. Der vom Zulauf 6 des Hauptstroms über die Zuführung 8 abgezweigte Solestrom wird zunächst durch den Soleraum 2 und anschließend durch den Soleraum 2' geleitet, so daß der Durchfluß dieses Stromes im Hinblick auf den Hauptstrom sowohl im Gleich- als auch im Gegenstrom erfolgt.

Die in Figur 2 gezeigte Mehrfachelektrolysezelle kann

je nach Bedarf weiter ausgebaut werden, indem eine oder mehrere der in Figur 1 dargestellten Zelle so zugefügt werden, daß weitere, gleichen Elektroden zugeordnete Elektrodenräume nebeneinander liegen und eine gemeinsame Elektrode besitzen, so daß Kathoden- und Anodenraum in alternierender Weise aufeinanderfolgen und jeweils durch Soleräume voneinander getrennt werden.

Die in Figur 3 dargestellte Mehrfachelektrolysezelle unterscheidet sich von der in Figur 2 gezeigten Zelle insofern, als dort zwei Zellen gemäß Figur 1 so nebeneinander angeordnet sind, daß an den Anodenraum 3 direkt der Kathodenraum 1' der angefügten Zelle anschließt, wobei beide Räume durch eine bipolare Membran 10 oder eine bipolare Elektrode 10 voneinander abgegrenzt sind. Auch in dieser Zeichnung ist beispielhaft der Durchfluß von Haupt- und Solestrom durch die einzelnen Räume der Zelle skizziert: Im hier dargestellten Fall erfolgt die Leitung der Ströme durch die Kammern der Zelle in alternierender Weise.

Auch die in Figur 3 dargestellte Mehrfachelektrolysezelle kann weiter ausgebaut werden, indem ein oder mehrere weitere Zellen gemäß Figur 1 in entsprechender Weise zugefügt werden.

Desweiteren können Zellen gemäß Figur 1 sowohl nach dem in Figur 2 als auch in Figur 3 dargestellten Prinzip aneinandergesetzt werden, so daß Mehrfachelektrolysezellen entstehen, in denen sowohl gleichen Elektroden zugeordnete Elektrodenräume mit gemeinsamer Elektrode als auch unterschiedlichen Elektroden zugeordnete Elektrodenräume, die durch ein bipolares Element voneinander getrennt sind, nebeneinander liegen.

In Figur 4 sind 2 der in Figur 2 dargestellten Zellen hintereinander geschaltet. Dabei wird der Hauptstrom der zu behandelnden Lösung zunächst durch die Zelle I wie bereits in Figur 2 dargestellt und oben beschrieben geleitet. Nach Deionisierung des Mediums im Anodenraum 3 wird der Strom zur Zelle II geleitet und durchströmt diese in gleicher Weise wie Zelle I. Die Solezuführung erfolgt dagegen im Hinblick auf die beiden miteinander kombinierten Zellen im Gegenstrom zum Hauptstrom, d.h. der vom Hauptstrom abgezweigte Solestrom wird zunächst zur Zelle II geleitet. Dort durchströmt der Solestrom die beiden Soleräume 2 und 2' im Gleichstrom, wird danach der Zelle I zugeleitet und durchströmt dort ebenfalls die beiden Soleräume im Gleichstrom. Bei einer konkreten Ausführung gemäß Figur 4 betrug der Hauptstrom 6 durch die Zellen I und II 130 l/h. Die Leitfähigkeit am Eingang betrug etwa 30 $\mu\text{s/cm}$, am Ausgang der Zelle I 0,8 - 0,5 $\mu\text{s/cm}$ und am Ausgang 7 der Zelle II 0,055 $\mu\text{s/cm}$ (25°C). Der Solestrom 8 betrug etwa 10 l/h mit einer Leitfähigkeit von ca. 150 $\mu\text{s/cm}$. Dieser Teilstrom kann über eine vorgeschaltete UO-Anlage wieder in den Prozess zurückgeführt werden. Die an die Zellen I und II angelegten elektrischen Ströme betrugen 5 und 1 Ampere bei Harzvolumina von 0,8 l für Anionen- und Kationenharz pro Zelle.

In den Figuren 5 und 6 sind weitere Möglichkeiten der Hauptströmungsführung durch hintereinandergeschaltete Zellen dargestellt, wobei der Hauptstrom gemäß Figur 5 über den Kathodenraum und gemäß Figur 6 über den Anodenraum zugeleitet wird. Selbstverständlich sind die dargestellten Hauptströmungsführungen durch die hintereinandergeschalteten Zellen in beliebiger Weise kombinierbar.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Elektrochemische Zelle zur Entionisierung von wäßrigen Lösungen durch Ionenaustausch, ausgestattet mit Zu- (6) und Abläufen (7) für die durch Ionenaustausch zu behandelnde Lösung sowie mit Solestromzuführung (8) und -ableitung (9), ferner ausgestattet mit Ionenaustauscher und mit Elektroden, an die sich nach innen die Elektrodenräume, Kathoden- und Anodenraum (1,3), anschließen, zwischen denen sich, durch Membranen (4,5) getrennt, ein Soleraum (2) befindet, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Soleraum (2) unmittelbar an die Elektrodenräume (1, 3) angrenzt und die Elektrodenräume mit Ionenaustauschermaterial gefüllt sind, wobei der Kathodenraum (1) Anionenaustauscher und der Anodenraum (3) Kationenaustauscher enthält und sich die Elektroden in direktem Kontakt mit den Anionen- und Kationenaustauscherharzbetten befinden.
2. Mehrfachelektrolysezelle, bestehend aus mindestens 2 Zellen gemäß Anspruch 1, die nebeneinander derart angeordnet sind, daß gleichen Elektroden zugeordnete Elektrodenräume nebeneinander liegen und eine gemeinsame Elektrode besitzen.
3. Mehrfachelektrolysezelle, bestehend aus mindestens 2 Zellen gemäß Anspruch 1, die nebeneinander derart angeordnet sind, daß unterschiedlichen Elektroden zugeordnete Elektrodenräume nebeneinander liegen und diese durch eine bipolare Membran (10) oder eine bipolare Elektrode (10) von-

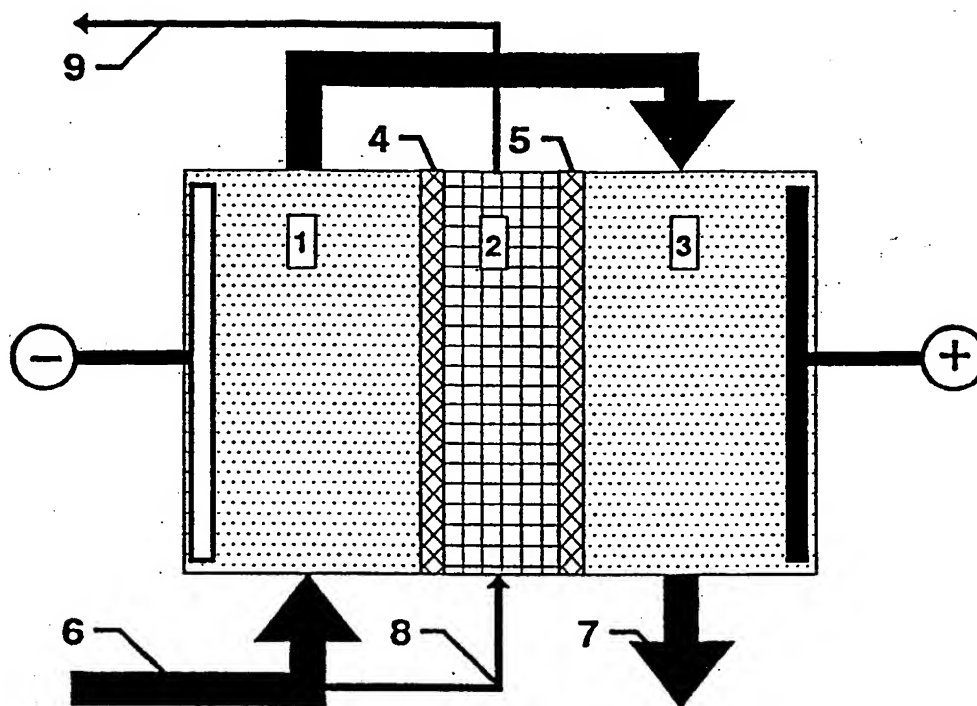
einander getrennt sind.

4. Mehrfachelektrolysezelle, bestehend aus einer beliebigen Kombination von Zellen gemäß Anspruch 2 und 3.
5. Mindestens 2, in beliebiger Kombination in Serie hintereinander geschaltete Einfach- oder Mehrfachelektrolysezellen nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
6. Elektrolysezellen nach Anspruch 5, die so geschaltet sind, daß die Solezuführung (8) im Hinblick auf die miteinander kombinierten Elektrolysezellen im Gegenstrom zu der durch Ionenaustausch zu behandelnden Lösung erfolgt.
7. Einfach- und/oder Mehrfachelektrolysezelle(n) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Solezuführung (8) vom Zulauf für die durch Ionenaustausch zu behandelnde Lösung (6) abzweigt.
8. Einfach- und/oder Mehrfachelektrolysezelle(n) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die den Solestrom führenden Soleräume (2) mit netzartigem Spacer und/oder mit Ionenaustauscherharz gefüllt sind.
9. Einfach- und/oder Mehrfachelektrolysezelle(n) nach Anspruch 8, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß das Ionenaustauscherharz Anionenaustauscher-

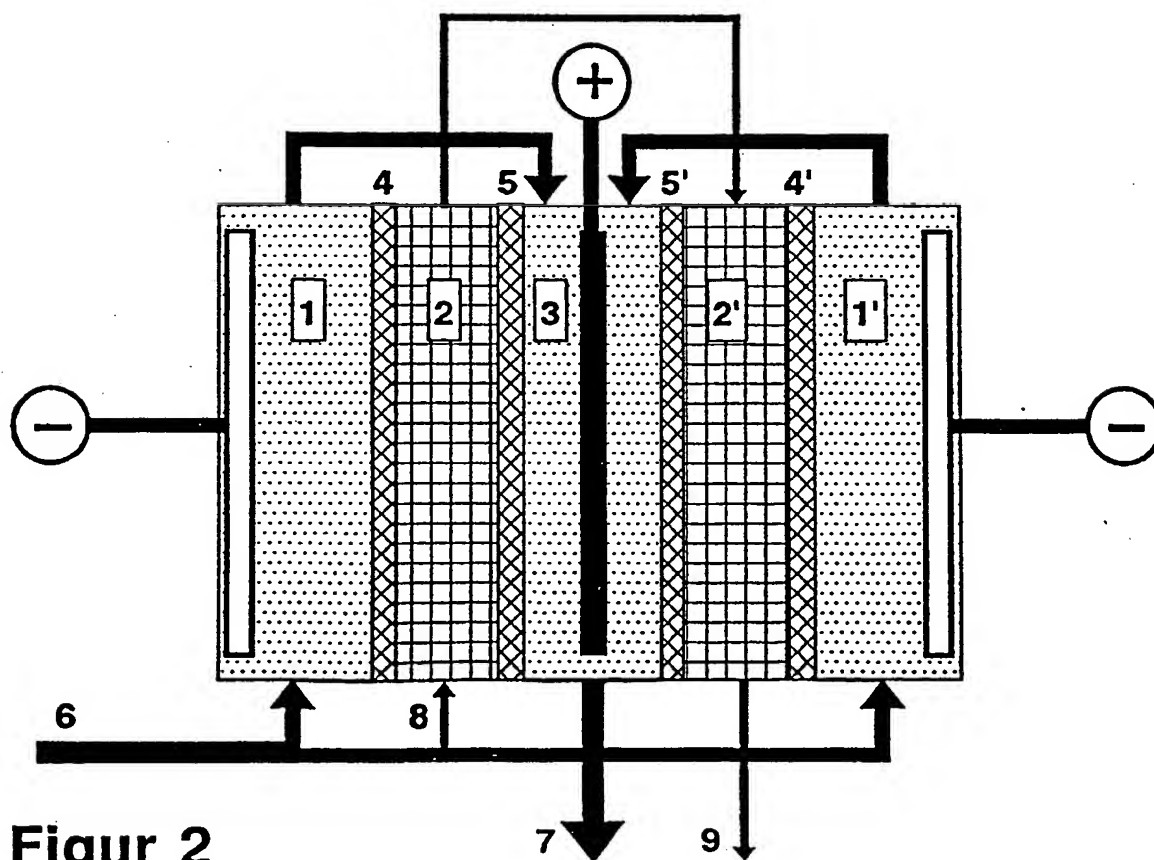
oder Kationenaustauscherharz oder eine Mischung von beiden ist.

10. Einfach- und/oder Mehrfachelektrolysezelle(n)
nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die die Soleräume (2) von den Elektrodenräumen (1, 3) trennenden Membrane (4, 5) Anionenaustauschermembrane (4) und Kationenaustauschermembrane (5) sind.

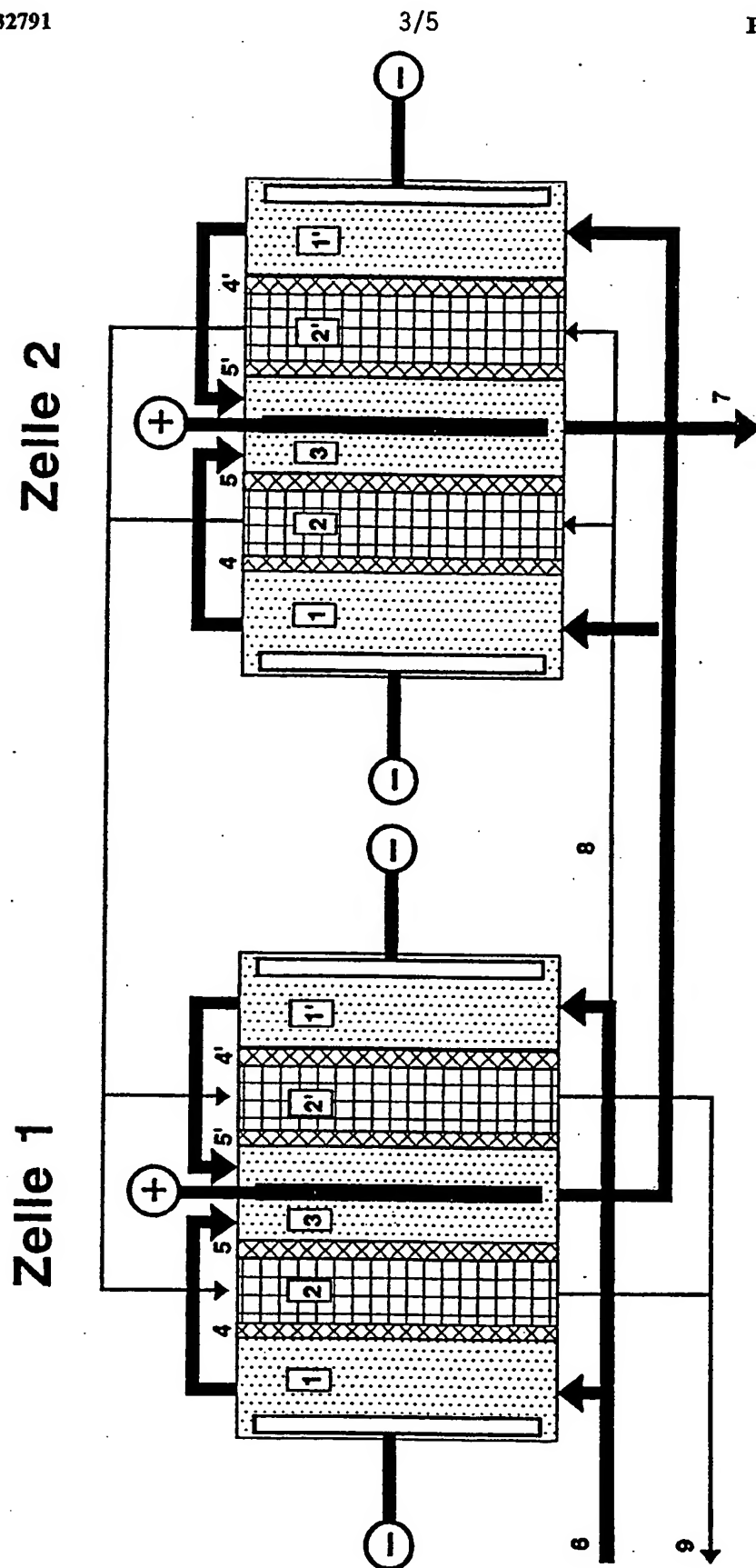
1/5



Figur 1

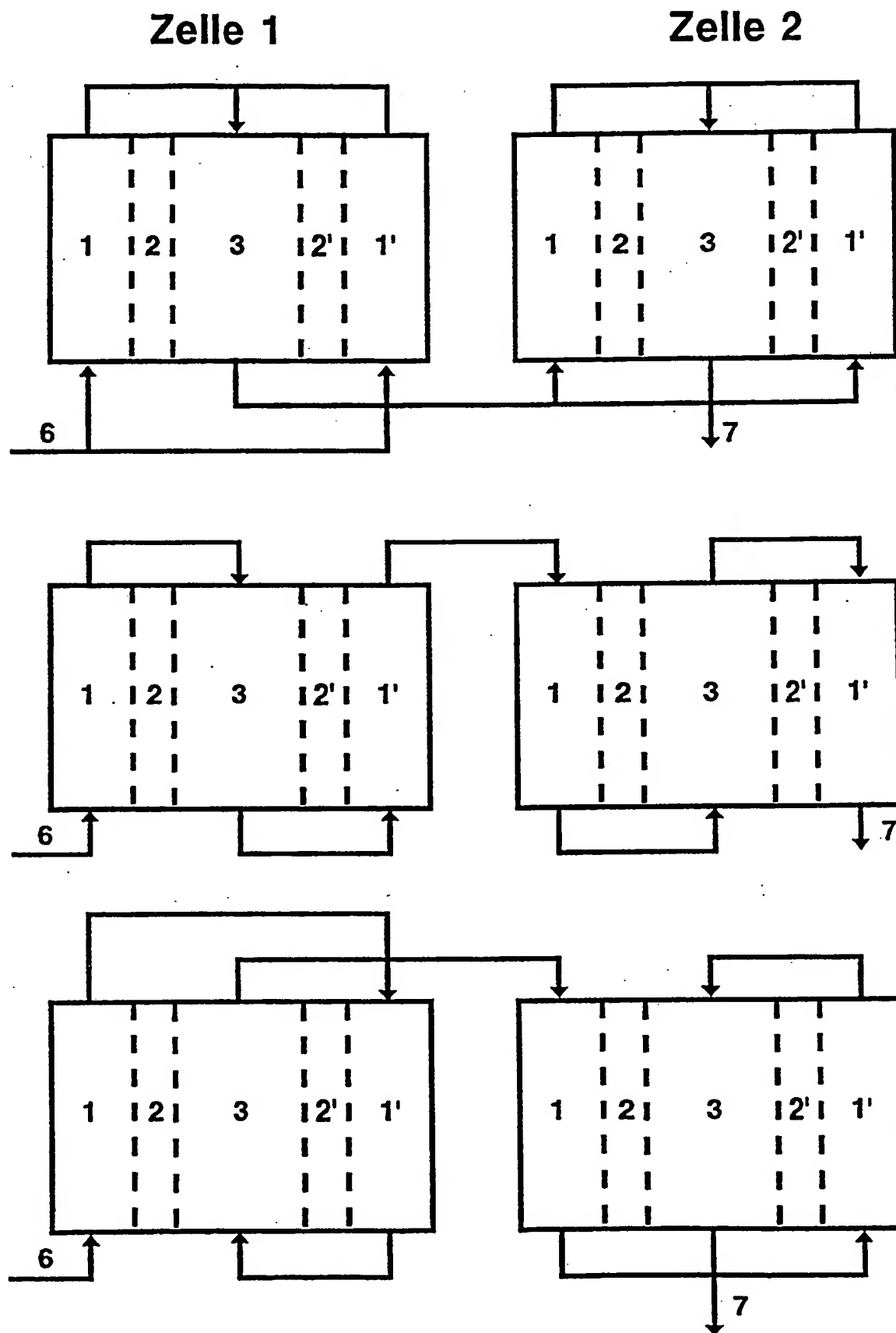


Figur 2



Figur 4

4/5

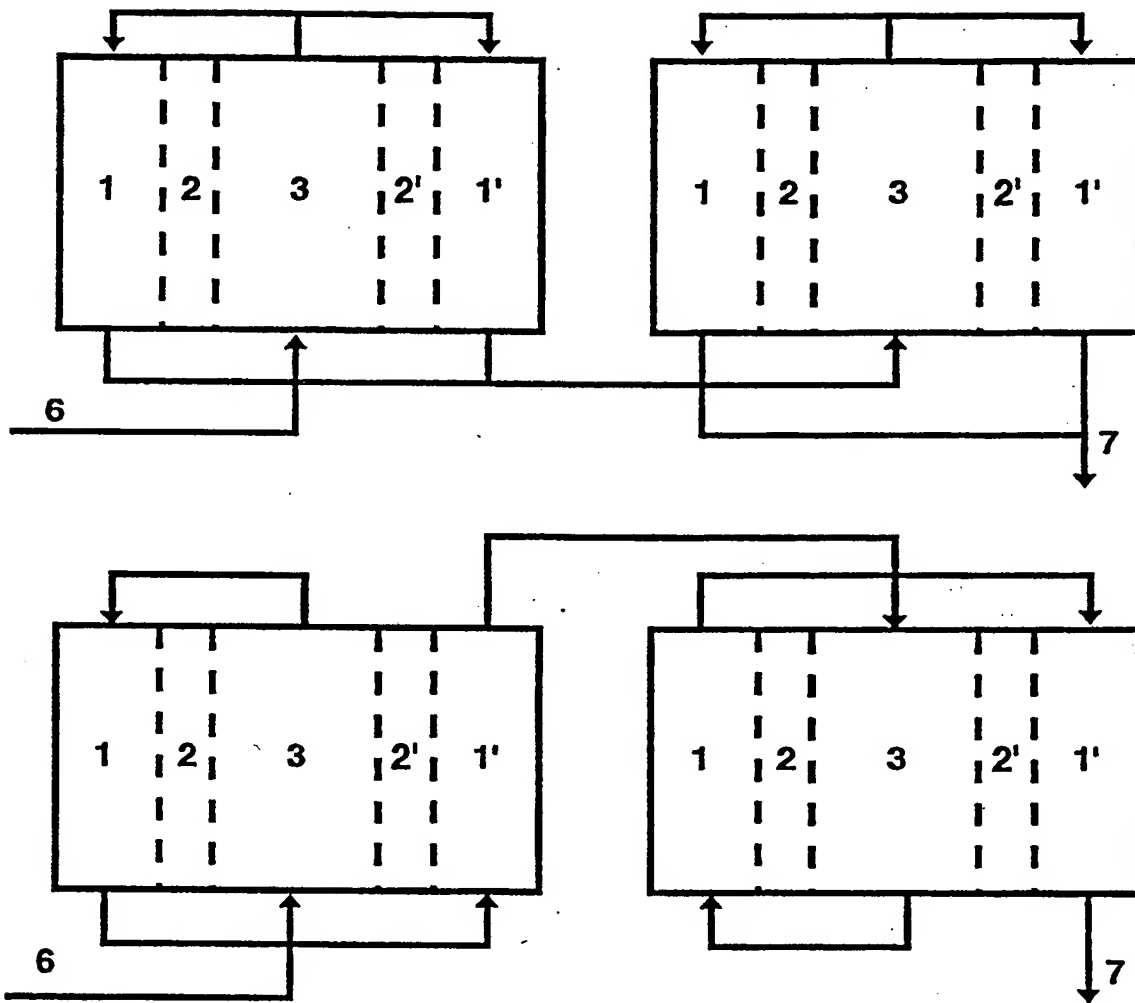


Figur 5

5/5

Zelle 1

Zelle 2



Figur 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. nal Application No
PCT/DE 95/00696

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 B01D61/48

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 B01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE-C-967 953 (NEDERLANDSE ORGANISATIE VOORTOEGEPAST-NATURWETENSCHAPPELIJK ONDER...) 19 December 1957 In particular page 2, lines 20-25 ---	1
A	US-A-2 788 319 (R. G. PEARSON) 9 April 1957 In particular example, columns 6-7 ---	1
A	FR-A-2 397 861 (THE BABCOCK & WILCOX CO) 16 February 1979 see the whole document ---	1
A	WO-A-90 15659 (OLIN CORP.) 27 December 1990 see the whole document -----	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 August 1995

Date of mailing of the international search report

11.08.1995

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Devisme, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 95/00696

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE-C-967953		BE-A- 515515 FR-A- 1066583 GB-A- 733234 NL-C- 74355	08-06-54
US-A-2788319	09-04-57	NONE	
FR-A-2397861	16-02-79	US-A- 4148708 AT-B- 368400 BE-A- 868885 CA-A- 1100439 CH-A- 625970 DE-A- 2830972 GB-A- 1603015 JP-C- 1252199 JP-A- 54023082 JP-B- 59027204 JP-A- 58101707 LU-A- 80021 NL-A- 7806439 SE-A- 7808008	10-04-79 11-10-82 03-11-78 05-05-81 30-10-81 25-01-79 18-11-81 26-02-85 21-02-79 04-07-84 17-06-83 12-12-78 24-01-79 25-02-80
WO-A-9015659	27-12-90	AU-A- 5847590 EP-A- 0477267 US-A- 5254227	08-01-91 01-04-92 19-10-93

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 95/00696

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 B01D61/48

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 B01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE-C-967 953 (NEDERLANDSE ORGANISATIE VOORTOEGEPAST-NATURWETENSCHAPPELIJK ONDER...) 19.Dezember 1957 INSBESONDERE SEITE 2, ZEILE 20-25 ----	1
A	US-A-2 788 319 (R. G. PEARSON) 9.April 1957 INSBESONDERE BEISPIEL, SPALTE 6-7 ----	1
A	FR-A-2 397 861 (THE BABCOCK & WILCOX CO) 16.Februar 1979 siehe das ganze Dokument ----	1
A	WO-A-90 15659 (OLIN CORP.) 27.Dezember 1990 siehe das ganze Dokument -----	1



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

4. August 1995

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

11.08.1995

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Devisme, F

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 95/00696

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE-C-967953		BE-A- 515515 FR-A- 1066583 GB-A- 733234 NL-C- 74355	08-06-54
US-A-2788319	09-04-57	KEINE	
FR-A-2397861	16-02-79	US-A- 4148708 AT-B- 368400 BE-A- 868885 CA-A- 1100439 CH-A- 625970 DE-A- 2830972 GB-A- 1603015 JP-C- 1252199 JP-A- 54023082 JP-B- 59027204 JP-A- 58101707 LU-A- 80021 NL-A- 7806439 SE-A- 7808008	10-04-79 11-10-82 03-11-78 05-05-81 30-10-81 25-01-79 18-11-81 26-02-85 21-02-79 04-07-84 17-06-83 12-12-78 24-01-79 25-02-80
WO-A-9015659	27-12-90	AU-A- 5847590 EP-A- 0477267 US-A- 5254227	08-01-91 01-04-92 19-10-93